

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-228838

(43)Date of publication of application : 15.08.2000

(51)Int.Cl.

H02K 1/27

(21)Application number : 11-079803

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 24.03.1999

(72)Inventor : MIURA TETSUYA
HIRAKO MASARU
NAGAMATSU SHIGETAKA
KAWABATA YASUMI
SUGIMOTO TETSUYA

(30)Priority

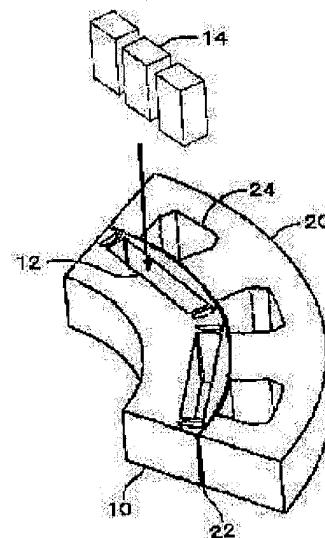
Priority number : 10342023 Priority date : 01.12.1998 Priority country : JP

(54) PERMANENT MAGNET MOTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent magnet motor for reducing the loss and heat due to eddy current.

SOLUTION: A plurality of holes 12 are formed in a rotor member 10, and permanent magnets 14 separated in a circumferential direction are provided in the hole 12. Then, one permanent magnet 14 is made small, and a current path of eddy current is made narrow, so that the eddy current becomes small. Here, even as a total of permanent magnets 14, the eddy current becomes small in absolute term, and the eddy-current loss is reduced, resulting in less heat in a motor. In this case, the separated permanent magnets 14 may be joined partly, and several ferrite permanent magnets 14 may be used, or other permanent magnets may be made of rare-earth magnetic materials.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

14.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the permanent magnet motor characterized by dividing the permanent magnet in the aforementioned hole into two or more permanent magnets in a circumferencial direction in the permanent magnet motor which established two or more holes in Rota, and has arranged the permanent magnet in this hole.

[Claim 2] It is the permanent magnet motor characterized by dividing the permanent magnet in the aforementioned hole into at least three in the permanent magnet motor according to claim 1, and arranging the permanent magnet of the center section in a hole from the permanent magnet of both sides on the radial outside.

[Claim 3] The permanent magnet motor characterized by constituting at least one of two or more permanent magnets in the aforementioned hole from a magnet of a ferrite, and forming others with the magnet of rare earth in a permanent magnet motor according to claim 1.

[Claim 4] The permanent magnet motor characterized by using as the magnet of a ferrite what sees from the hand of cut of Rota among two or more permanent magnets in the aforementioned hole, and is in the head in a hole in a permanent magnet motor according to claim 3.

[Claim 5] For those which adjoin [in / a circumferencial direction or shaft orientations / at least / on the permanent magnet motor which established two or more holes in Rota, and has arranged the permanent magnet in this hole, and] by the part by the slit, the permanent magnet in the aforementioned hole is a permanent magnet motor by which it is characterized by being divided into two or more permanent magnets as it is connected.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] Two or more holes are established in Rota, and it is related with the permanent magnet motor which has arranged the permanent magnet in this hole.

[0002]

[Description of the Prior Art] By the permanent magnet motor, in Rota, insertion arrangement of two or more permanent magnets is carried out, and the pole is formed from the former. And the rotation drive of Rota is carried out by energizing in the coil by the side of the stator arranged so that Rota may be surrounded, and forming the rotating magnetic field. With a permanent magnet, since the magnetic field for every predetermined pole is formed, it is small and high power is obtained.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in connection with a miniaturization, improvement in the speed, and the high increase in power of a motor, the problem of the loss by the eddy current in a magnet and generation of heat is large. That is, generation of heat is connected with a magnetic demagnetization etc., and also becomes the cause of failure of a motor. Moreover, the loss by the eddy current serves as the degradation of a motor.

[0004] this invention is made in view of the above-mentioned technical problem, and aims at offering the permanent magnet motor which can decrease in number the loss and generation of heat by the eddy current.

[0005]

[Means for Solving the Problem] this invention establishes two or more holes in Rota, and it is characterized by dividing the permanent magnet in the aforementioned hole into two or more permanent magnets in a circumferencial direction in the permanent magnet motor which has arranged the permanent magnet in this hole.

[0006] Thus, two or more permanent magnets are divided and arranged in one hole at the circumferencial direction. By dividing, since an eddy current flows along with the periphery section of each magnet, total of the length of the periphery of all magnets becomes long, and an eddy current path becomes long. By this, an eddy current becomes small and an eddy current becomes small absolutely also as total of two or more permanent magnets. Then, an eddy current loss can be reduced and generation of heat of a motor can be reduced.

[0007] Moreover, it is suitable that the permanent magnet in the aforementioned hole is divided into at least three, and the permanent magnet of the center section in a hole is arranged from the permanent magnet of both sides on the radial outside.

[0008] Thus, a permanent magnet will become circular by shifting a permanent magnet closely. By using a cheap monotonous type permanent magnet, and shifting and using this by this, a torque ripple is reduced enough and a motor can be done in a cheap thing.

[0009] Moreover, it is suitable to constitute at least one of two or more permanent magnets in the aforementioned hole from a magnet of a ferrite, and to form others with the magnet of rare earth. Since electric resistance of a ferrite is large, the eddy current generated there is made as for it to about 0. On the other hand, although the magnet of a ferrite has weak magnetism, it can lessen a fall of the magnetism as total by using only a part of permanent magnet as the magnet of a ferrite, and using others as the magnet of rare earth.

[0010] Moreover, it is suitable to use as the magnet of a ferrite what sees from the hand of cut of Rota among two or more permanent magnets in the aforementioned hole, and is in the head in a hole. In order to advance into the magnetic field generated by the stator first, a big eddy current tends to generate a top permanent magnet here. The magnet of a ferrite can be arranged to this site and the decrement effect of an eddy current can be enlarged by setting to 0 the eddy current generated here.

[0011] Moreover, in the permanent magnet motor which this invention established two or more holes in Rota, and has arranged the permanent magnet in this hole, the permanent magnet in the aforementioned hole is characterized by being divided into two or more permanent magnets in a circumferencial direction or shaft orientations, at least, as those which adjoin by the part by the slit are connected.

[0012] Thus, although a permanent magnet is divided substantially and an eddy current can be reduced with constituting, it can be dealt with like the permanent magnet of one. Therefore, assembly etc. can be worked efficiently and a productivity can be improved.

[0013]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt (henceforth the operation gestalt) of operation of this invention is explained based on a drawing.

[0014] "1st operation gestalt" view 1 is explanatory drawing showing the structure of the permanent magnet motor concerning the 1st operation gestalt of this invention. In this drawing, one fourth of Rota and stators is shown. Two holes 12 are formed in the piece 10 of Rota which hits one fourth of Rota. And three permanent magnets 14 adjoin a circumferencial direction, and are inserted in these two holes 12, respectively.

[0015] Here, these three permanent magnets 14 are separated electrically. Since it is usually constituted by iron, a permanent magnet 14 will be electrically connected, if it is made to contact directly. Then, this operation gestalt has separated electrically by arranging these three permanent magnets 14 through an insulating material. For example, synthetic resin, such as the insulating paper, an insulating tape, and an epoxy resin, is made to intervene. Moreover, not only the insulation with adjoining Hisaki Ei fat but a rustproof effect can also be acquired by covering the whole periphery of a permanent magnet 14 by the epoxy resin etc.

[0016] On the other hand, the piece 20 of a stator which hits one fourth of stators is arranged through the minute clearance (gap) 22 around the piece 10 of Rota. Three holes 24 are established in the piece 20 of a stator. Insertion arrangement of the stator coil (not shown) is carried out in this hole 24.

[0017] This piece 10 of Rota is connected to 4 circumferencial directions, and Rota is formed. A rotation shaft is arranged in the core in this Rota, and it is fixed to Rota. Moreover, the piece 20 of a stator is connected to 4 circumferencial directions, and a stator is formed.

[0018] And the rotating magnetic field are occurred by controlling the energization to a stator coil here. Since the permanent magnet 14 is arranged, rotation torque will occur in Rota by the rotating magnetic field, and Rota will rotate Rota.

[0019] Here, in order to pierce through a permanent magnet 14, in a permanent magnet 14, an eddy current generates the magnetic flux generated by the stator coil. When the number of the permanent magnets 14 inserted in one hole 12 is one, as shown in drawing 2 (a), the large eddy current of the path which makes the whole big permanent magnet 14 a current path occurs.

[0020] However, with this operation gestalt, two or more permanent magnets 14 are arranged in one hole 12 at the circumferencial direction. Therefore, as shown in drawing 2 (b), by dividing, since an eddy current flows along with the periphery section of each magnet, total of the length of the periphery of all magnets becomes long, and an eddy current path becomes long. By this, an eddy current becomes small and an eddy current becomes small absolutely also as total of three permanent magnets 14. Then, an eddy current loss can be reduced and generation of heat of a motor can be reduced.

[0021] The number of partitions of a permanent magnet 14 and the relation of an eddy current loss in 1 hole are shown in drawing 3. Thus, a split of a permanent magnet 14 shows that an eddy current loss can be reduced. It is understood that a remarkable loss reduction can also attain a rate several minutes especially.

[0022] "2nd operation gestalt" view 4 is drawing showing the configuration of the 2nd operation gestalt, in the hole 12, moves the central permanent magnet 14 at a radial outside, i.e., stator, side, and is arranged. The torque ripple of a motor can be decreased by such arrangement. It is desirable that the field center of gravity of each permanent magnet 14 divided especially is arranged on one periphery.

[0023] Using conventionally the permanent magnet in alignment with the periphery of Rota which curved circularly is known, and a torque ripple can be decreased by this configuration. However, since a manufacture is difficult for such a curved permanent magnet and it is deficient in it to versatility, it will become expensive. By using the cheap monotonous type permanent magnet 14, and shifting and using this like this operation gestalt, a torque ripple is reduced enough and a motor can be done in a cheap thing.

[0024] The torque according to the Rota position is shown in drawing 5. Here, the thing using the monotonous permanent magnet of one sheet is shown as an example of a comparison. Thus, the permanent magnet was able to be trichotomized and the torque ripple was able to be decreased to 25% -> 13% by shifting a central permanent magnet outside. In addition, this example is an example to which the field center of gravity of three permanent magnets was made to be located on the periphery.

[0025] In addition, since the permanent magnet 14 in a hole 12 is divided also in this example, it cannot be overemphasized that a loss of the above eddy currents can be reduced.

[0026] "3rd operation gestalt" view 6 is drawing showing the configuration of the 3rd operation gestalt, and in this example, the piece 10 of Rota rotates to a half-clockwise rotation, as the arrow head in drawing showed. And the character of the divided permanent magnets 14a, 14b, and 14c which are inserted in the hole 12 of this piece 10 of Rota is not the same. That is, permanent magnet 14a is the magnet of a ferrite, and permanent magnets 14b and 14c consist of a magnet of rare earth.

[0027] The magnet of a ferrite is 105 to 106 times the electric resistance of this to the magnet of rare earth. Therefore, to the magnet of a ferrite, an eddy current is hardly generated. Then, most eddy currents in permanent magnet 14a are 0.

[0028] On the other hand, the magnetism of the magnet of a ferrite is quite weak compared with the magnet of rare earth. Then, if the piece 10 of Rota is formed only using the magnet of a ferrite, the turning effort will become very weak. However, with this operation gestalt, permanent magnet 14 1 of three permanent magnets 14a-14c inserted in a hole 12 is used as the magnet of a ferrite, and the magnet of rare earth is used for other two permanent magnets 14b and 14c. Then, while the eddy current of one permanent magnet 14a is made to about 0, a degradation of the magnetism as the permanent magnets 14a-14c inserted in one hole 12 being total can be stored in a predetermined domain.

[0029] Especially permanent magnet 14a that sees from the hand of cut of the piece 10 of Rota, and is located in a head in a hole 12 is a magnet which advances into the magnetic field by the coil of a stator first, and when two or more same permanent magnets have been arranged, the eddy current generated in this permanent magnet 14a becomes the largest. Then, an eddy current can be efficiently decreased by using this permanent magnet 14a as the magnet of a ferrite.

[0030] In addition, if the magnet of a ferrite is adopted as a part of permanent magnet 14, it will not necessarily be limited by one in a hole 12. Moreover, the magnet of a ferrite does not surely need to exist in one hole 12.

[0031] Thus, with this operation gestalt, since it not only divides a permanent magnet, but an eddy current adopts the magnet of a ferrite as permanent magnet 14a which becomes large, the eddy current generated as total can be decreased more efficiently. Moreover, it can prevent that the magnetism as a permanent magnet 14 being total decreases greatly by adopting the magnet of rare earth as other permanent magnets 14b and 14c.

[0032] The configuration of the 4th operation gestalt is shown in the "4th operation gestalt" views 7 , 8, and 9. In this example, although a permanent magnet 14 is divided into two or more permanent magnets, the part is taken as the status were open for free passage. Therefore, although the permanent magnet is divided substantially, in inclusion work into a hole 12 etc., it can be dealt with as one magnet and can improve a productivity. Moreover, the effect of an eddy current reduction is maintainable to sufficient thing by making a fraction open for free passage sufficiently small within limits which can maintain an intensity.

[0033] That is, with the configuration of drawing 7 , although the permanent magnet 14 is divided into four permanent magnets 14a, 14b, 14c, and 14d, it is divided by turning and forming the lengthwise slit 140 in a rear-face side from a front-face side, and the rear-face side is open for free passage. In addition, it is desirable to arrange in a hole 12 so that a front-face side may turn to a stator.

[0034] Moreover, with the configuration of drawing 8 , the lateral slit 140 is also formed in a permanent magnet 14, and the permanent magnet is divided in the orientation of four directions. By this, each divided permanent magnet becomes smaller, and the eddy current to generate can be reduced more.

[0035] Moreover, with the configuration of drawing 9 , the slit 140 formed towards the inside from the upper limit and the soffit is dividing the permanent magnet 14 into two or more permanent magnets 14a-14d. Each permanent magnets 14a-14d are open for free passage with this to the permanent magnets 14a-14d which adjoin near the center section of the side face.

[0036] Furthermore, the configuration of the fraction made to open for free passage can be made not only into this but into arbitrary configurations, for example, the cylindrical free passage section may be formed, and adjoining things may be connected. Moreover, this free passage section can be formed in arbitrary fractions.

[0037] Furthermore, although forming in one is desirable as for a permanent magnet 14, it is also possible to form as another field, to stick this on the free passage sections, such as a plate, and to connect. In this case, the free passage section can also consist of an insulating material. In addition, if this insulating material is used as a spacer, it will become the same configuration as the 1st operation gestalt.

[0038] What is necessary is to divide a surface magnet and just to stick, if it is in the case of the motor using the surface magnet, although the fragmentation rate of the permanent magnet 14 was carried out and it was inserted in the hole 12 with "other configurations" and the above-mentioned operation gestalt.

[0039]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, the permanent magnet was divided in the hole. For this reason, an eddy current can be reduced and an eddy current loss can be reduced. Moreover, a productivity can be improved by connecting the divided permanent magnets by the part. Furthermore, by using some of divided permanent magnets as the magnet of a ferrite, and using others as the magnet of rare earth, a fall of magnetism is lessened and occurrence of an eddy current can be reduced effectively.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the important section configuration of the motor of the 1st operation gestalt.

[Drawing 2] It is drawing showing the current path of an eddy current.

[Drawing 3] It is drawing showing the number of partitions of a permanent magnet, and the relation of an eddy current loss.

[Drawing 4] It is drawing showing arrangement of the permanent magnet of the 2nd operation gestalt.

[Drawing 5] It is drawing showing arrangement of a permanent magnet, and the relation of a torque ripple.

[Drawing 6] It is drawing showing the configuration of the 3rd operation gestalt.

[Drawing 7] It is drawing showing the configuration of an example of the 4th operation gestalt.

[Drawing 8] It is drawing showing the configuration of other examples of the 4th operation gestalt.

[Drawing 9] It is drawing showing the configuration of other examples of the 4th operation gestalt.

[Description of Notations]

10 The piece of Rota, 12, 24 A hole, 14 A permanent magnet, 20 The piece of a stator, 22 minute clearance, 140 Slit.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-228838
(P2000-228838A)

(43) 公開日 平成12年8月15日 (2000.8.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト* (参考)
H 0 2 K 1/27	5 0 1	H 0 2 K 1/27	5 0 1 A 5 H 6 2 2 5 0 1 K 5 0 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-79803

(22) 出願日 平成11年3月24日 (1999.3.24)

(31) 優先権主張番号 特願平10-342023

(32) 優先日 平成10年12月1日 (1998.12.1)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社
愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 三浦 徹也

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 平子 勝

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

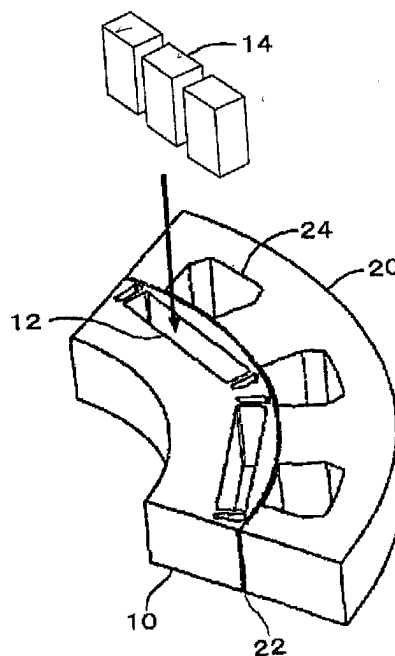
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石モータ

(57) 【要約】

【課題】 渦電流損失を低減する。

【解決手段】 ロータ片10に複数の穴12を設け、この穴12内に円周方向において複数の分割された永久磁石14を配置する。これによって、1つ1つの永久磁石14が小さく、渦電流の電流経路は狭いものになる。そこで、渦電流が小さくなり、複数の永久磁石14の総和としても渦電流が絶対的に小さくなり、渦電流損失を低減し、モータの発熱を低減することができる。また、分割した永久磁石14同士を一部で連結しておいてもよい。さらに、分割した永久磁石14のいくつかをフェライトの磁石とし、他を希土類の磁石としてもよい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロータに複数の穴を設け、この穴内に永久磁石を配置した永久磁石モータにおいて、前記穴内の永久磁石は、円周方向において複数の永久磁石に分割されていることを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項2】 請求項1に記載の永久磁石モータにおいて、前記穴内の永久磁石は、少なくとも3つに分割されており、穴内における中央部の永久磁石が両側の永久磁石より半径方向外側に配置されることを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項3】 請求項1に記載の永久磁石モータにおいて、前記穴内の複数の永久磁石のうち、少なくとも1つをフェライトの磁石で構成し、他を希土類の磁石で形成することを特徴とする永久磁石モータ。

【請求項4】 請求項3に記載の永久磁石モータにおいて、前記穴内の複数の永久磁石のうち、ロータの回転方向から見て穴内の先頭にあるものをフェライトの磁石とする

【請求項5】 ロータに複数の穴を設け、この穴内に永久磁石を配置した永久磁石モータにおいて、前記穴内の永久磁石は、少なくとも円周方向あるいは軸方向において、スリットにより一部で隣接するもの同士が連結されるようにして、複数の永久磁石に分割されていることを特徴とする永久磁石モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 ロータに複数の穴を設け、この穴内に永久磁石を配置した永久磁石モータに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、永久磁石モータでは、ロータ内に複数の永久磁石を挿入配置し、極を形成している。そして、ロータを取り囲むように配置したステータ側のコイルに通電して、回転磁界を形成することで、ロータが回転駆動される。永久磁石により、所定の極毎の磁界が形成されるため、小型で、高出力が得られる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、モータの小型化・高速化・高出力化に伴い、磁石中の渦電流による損失、発熱の問題が大きくなっている。すなわち、発熱は磁石の減磁などにつながり、モータの故障の原因にもなる。また、渦電流による損失は、モータの効率低下となる。

【0004】 本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、渦電流による損失・発熱を減少できる永久磁石モータを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、ロータに複数

の穴を設け、この穴内に永久磁石を配置した永久磁石モータにおいて、前記穴内の永久磁石は、円周方向において複数の永久磁石に分割されていることを特徴とする。

【0006】 このように、1つの穴内において複数の永久磁石が円周方向に分割されて配置されている。渦電流は個々の磁石の外周部に沿って流れるため分割することにより、全磁石の外周の長さの総和が長くなり、渦電流経路が長くなる。これによって、渦電流が小さくなり、複数の永久磁石の総和としても渦電流が絶対的に小さくなる。そこで、渦電流損失を低減し、モータの発熱を低減することができる。

【0007】 また、前記穴内の永久磁石は、少なくとも3つに分割されており、穴内における中央部の永久磁石が両側の永久磁石より半径方向外側に配置されることが好適である。

【0008】 このように、永久磁石をずらすことにより、永久磁石が円弧状のものに近くなる。これによって、安価な平板型の永久磁石を利用し、これをずらして利用することで、トルクリプルを十分低減してかつモータを安価なものにできる。

【0009】 また、前記穴内の複数の永久磁石のうち、少なくとも1つをフェライトの磁石で構成し、他を希土類の磁石で形成することが好適である。フェライトは電気抵抗が大きいので、そこに発生する渦電流をほぼ0にできる。一方、フェライトの磁石は、磁力が弱いので一部の永久磁石のみフェライトの磁石とし、他を希土類の磁石とすることでトータルとしての磁力の低下を少なくすることができる。

【0010】 また、前記穴内の複数の永久磁石のうち、ロータの回転方向から見て穴内の先頭にあるものをフェライトの磁石とすることが好適である。先頭の永久磁石はステータにより発生する磁界にはじめに進入するためここにより大きな渦電流が発生しやすい。この部位にフェライトの磁石を配置し、ここで発生する渦電流を0にすることにより、渦電流の減少効果を大きくすることができる。

【0011】 また、本発明は、ロータに複数の穴を設け、この穴内に永久磁石を配置した永久磁石モータにおいて、前記穴内の永久磁石は、少なくとも円周方向あるいは軸方向において、スリットにより一部で隣接するもの同士が連結されるようにして、複数の永久磁石に分割されていることを特徴とする。

【0012】 このように構成することで、実質的に永久磁石を分割して渦電流を低減できるが、一体の永久磁石と同様に取り扱うことができる。従って、組立などの作業を効率的に行うことができ、生産性を向上することができる。

【0013】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態（以下実施形態という）について、図面に基づいて説明する。

【0014】「第1実施形態」図1は、本発明の第1実施形態に係る永久磁石モータの構造を示す説明図である。この図においては、ロータ及びステータの1/4を示している。ロータの1/4に当たるロータ片10には、2つの穴12が形成されている。そして、この2つの穴12には、それぞれ3つの永久磁石14が円周方向に隣接して挿入される。

【0015】ここで、この3つの永久磁石14は、電気的に分離されている。永久磁石14は、通常鉄により構成されるため、直接接触させると電気的に接続されてしまう。そこで、本実施形態では、これら3つの永久磁石14を絶縁材を介し、配置することで、電気的に分離している。例えば、絶縁紙、絶縁テープ、エポキシ樹脂等の合成樹脂を介在させている。また、永久磁石14の周囲全体をエポキシ樹脂などで覆うことで、隣接する永久磁石との絶縁だけでなく、防錆効果を得ることもできる。

【0016】一方、ステータの1/4に当たるステータ片20は、ロータ片10の周囲に微小間隙（ギャップ）22を介して配置されている。ステータ片20には、3つの穴24が設けられている。この穴24には、ステータコイル（図示せず）が挿入配置される。

【0017】このロータ片10を4つ円周方向に接続しロータが形成される。このロータの中心部には回転シャフトが配置されロータに固定される。また、ステータ片20を4つ円周方向に接続しステータが形成される。

【0018】そして、ステータコイルへの通電を制御することで、ここに回転磁界を生起する。ロータは、永久磁石14が配置されているため、回転磁界によりロータに回転トルクが発生し、ロータが回転されることになる。

【0019】ここで、ステータコイルによって発生される磁束は永久磁石14を貫くため、永久磁石14において渦電流が発生する。1つの穴12に挿入される永久磁石14が1つの場合には、図2(a)に示すように、大きな永久磁石14の全体を電流経路とする経路の広い渦電流が生起される。

【0020】ところが、本実施形態では、1つの穴12内において複数の永久磁石14が円周方向に配置されている。従って、図2(b)に示すように、渦電流は個々の磁石の外周部に沿って流れるため分割することにより、全磁石の外周の長さの総和が長くなり、渦電流経路が長くなる。これによって、渦電流が小さくなり、3つの永久磁石14の総和としても渦電流が絶対的に小さくなる。そこで、渦電流損失を低減し、モータの発熱を低減することができる。

【0021】図3に、1穴内における永久磁石14の分割数と渦電流損失の関係を示す。このように、永久磁石14の分割によって、渦電流損失が低減できることがわかる。特に、数分割でもかなりの損失低減が達成できる

ことが理解される。

【0022】「第2実施形態」図4は、第2実施形態の構成を示す図であり、穴12内において中央の永久磁石14を半径方向外側、すなわちステータ側に移動して配置してある。このような配置により、モータのトルクリプルを減少することができる。特に、分割した各永久磁石14の面重心が1つの円周上に配置されるようにすることが望ましい。

【0023】従来より、ロータの周囲に沿った円弧状に湾曲した永久磁石を利用することが知られており、この構成によりトルクリプルが減少できる。しかし、このような湾曲した永久磁石は製作が難しく、かつ汎用性に乏しいため、高価なものになる。本実施形態のように、安価な平板型の永久磁石14を利用し、これをずらして利用することで、トルクリプルを十分低減して、かつモータを安価なものにできる。

【0024】図5に、ロータ位置に応じたトルクを示す。ここで、比較例として、1枚の平板の永久磁石を利用したものを示す。このように、永久磁石を3分割し、中央の永久磁石を外側にずらすことで、トルクリプルを25%→13%に減少することができた。なお、この例は、3つの永久磁石の面重心が円周上に位置するようにした例である。

【0025】なお、この例においても穴12内の永久磁石14を分割しているため、上述のような渦電流の損失を低減できることはいうまでもない。

【0026】「第3実施形態」図6は、第3実施形態の構成を示す図であり、この例において、ロータ片10は、図中矢印で示したように半時計回りに回転する。そして、このロータ片10の穴12に挿入される分割された永久磁石14a、14b、14cは、その性状が同一ではない。すなわち、永久磁石14aは、フェライトの磁石であり、永久磁石14b、14cは、希土類の磁石で構成されている。

【0027】フェライトの磁石は、その電気抵抗が希土類の磁石に対し $10^5 \sim 10^6$ 倍である。従って、フェライトの磁石には渦電流はほとんど発生しない。そこで、永久磁石14aにおける渦電流は、ほとんど0である。

【0028】一方、フェライトの磁石の磁力は、希土類の磁石に比べかなり弱い。そこで、フェライトの磁石のみを用いてロータ片10を形成するとその回転力は非常に弱いものになってしまう。ところが、本実施形態では、穴12に挿入する3つの永久磁石14a～14cのうちの1つの永久磁石14aのみをフェライトの磁石にし、他の2つの永久磁石14b、14cは、希土類の磁石を採用している。そこで、1つの永久磁石14aの渦電流をほぼ0にできるとともに、1つの穴12に挿入される永久磁石14a～14cのトータルとしての磁力の劣化を所定の範囲に収めることができる。

【0029】特に、ロータ片10の回転方向から見て穴

12内で、先頭に位置する永久磁石14aは、ステータのコイルによる磁界に最初に進入する磁石であり、同一の永久磁石を複数配置した場合には、この永久磁石14aに発生する渦電流が最も大きくなる。そこで、この永久磁石14aをフェライトの磁石にすることによって、渦電流を効率的に減少することができる。

【0030】なお、フェライトの磁石は、永久磁石14の一部に採用されれば、必ずしも穴12内に1つに限定されない。また、1つの穴12内に必ずフェライトの磁石が存在する必要はない。

【0031】このように、本実施形態では、永久磁石を分割するだけでなく、渦電流が大きくなる永久磁石14aにフェライトの磁石を採用するため、トータルとして発生する渦電流をより効率的に減少できる。また、他の永久磁石14b、14cに希土類の磁石を採用することで、永久磁石14のトータルとしての磁力が大きく減少することを防止することができる。

【0032】「第4実施形態」図7、8、9に、第4実施形態の構成を示す。この例では、永久磁石14を複数の永久磁石に分割するが、一部は連通した状態としている。従って、永久磁石は実質的に分割されているが、穴12内への組み込み作業などにおいては、1つの磁石として取り扱うことができ、生産性を向上することができる。また、連通している部分を強度を維持できる範囲内で十分小さくすることで、渦電流低減の効果を十分なものに維持することができる。

【0033】すなわち、図7の構成では、永久磁石14が4つの永久磁石14a、14b、14c、14dに分割されているが、表面側から縦方向のスリット140を裏面側に向けて形成することで分割されており、裏面側は連通している。なお、表面側がステータに向くように穴12内に配置することが好ましい。

【0034】また、図8の構成では、永久磁石14に横方向のスリット140も形成し、永久磁石を上下左右方向に分割している。これによって、分割された1つ1つの永久磁石がより小さくなり、発生する渦電流をより低減できる。

【0035】また、図9の構成では、上端及び下端から内側に向けて形成したスリット140により永久磁石14を複数の永久磁石14a～14dに分割している。これによって、各永久磁石14a～14dは、その側面の中央部付近で隣接する永久磁石14a～14dに連通している。

【0036】さらに、連通させる部分の構成は、これに限らず任意の形状とすることができ、例えば棒状の連通部を形成して、隣接するもの同士を接続してもよい。また、この連通部は任意の部分に形成することが可能である。

【0037】さらに、永久磁石14は一体的に形成することが好ましいが、別体として形成し、これを板材などの連通部に貼り付けて接続することも可能である。この場合、連通部は、絶縁材で構成することもできる。なお、この絶縁材をスペーサとすれば、第1実施形態と同一の構成となる。

【0038】「その他の構成」また、上記実施形態では、永久磁石14を細分割して穴12に挿入したが、表面磁石を利用したモータの場合であれば、表面磁石を分割して貼り付けられればよい。

【0039】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、永久磁石を穴内で分割した。このため、渦電流を低減して、渦電流損失を低減することができる。また、分割した永久磁石同士を一部で連結しておくことで、生産性を向上できる。さらに、分割した永久磁石のいくつかをフェライトの磁石とし、他を希土類の磁石とすることで、磁力の低下を少なくして、かつ渦電流の発生を効果的に低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態のモータの要部構成を示す図である。

【図2】 渦電流の電流経路を示す図である。

【図3】 永久磁石の分割数と、渦電流損失の関係を示す図である。

【図4】 第2実施形態の永久磁石の配置を示す図である。

【図5】 永久磁石の配置とトルクリプルの関係を示す図である。

【図6】 第3実施形態の構成を示す図である。

【図7】 第4実施形態の一例の構成を示す図である。

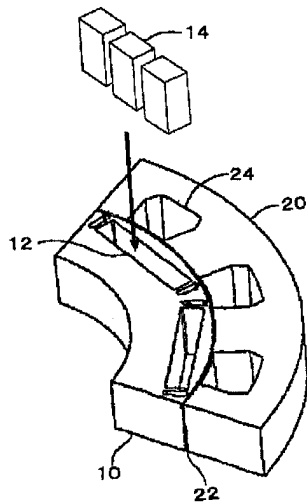
【図8】 第4実施形態の他の例の構成を示す図である。

【図9】 第4実施形態の他の例の構成を示す図である。

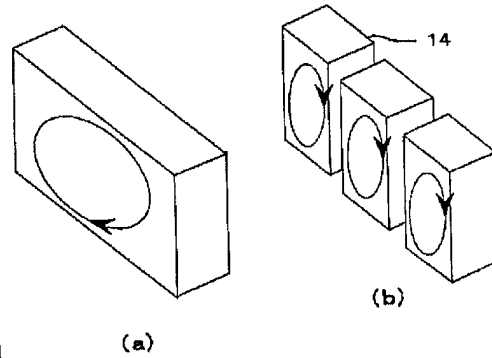
【符号の説明】

10 ロータ片、12、24 穴、14 永久磁石、20 ステータ片、22 微小間隙、140 スリット。

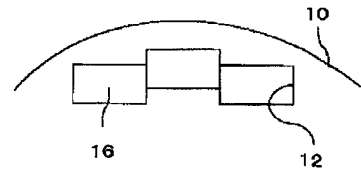
【図1】



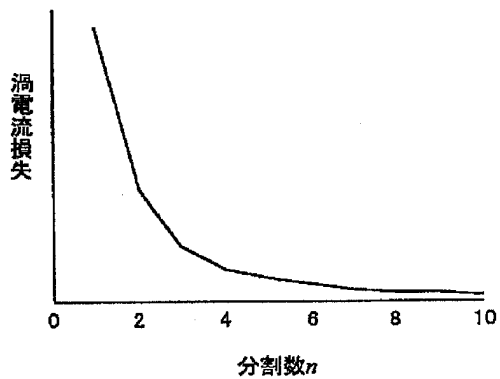
【図2】



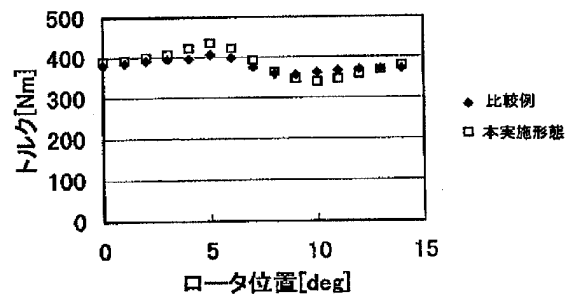
【図4】



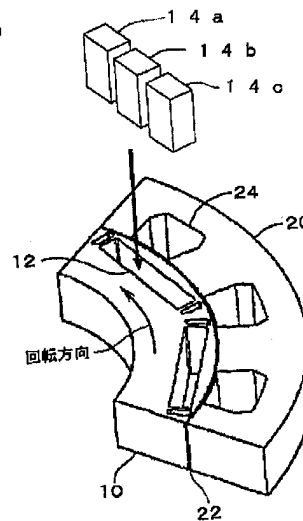
【図3】



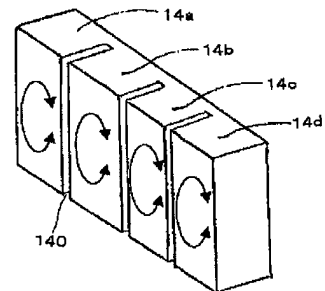
【図5】



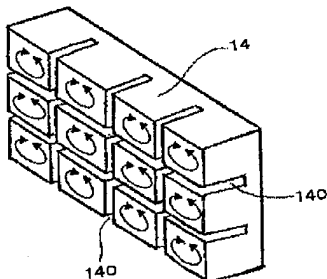
【図6】



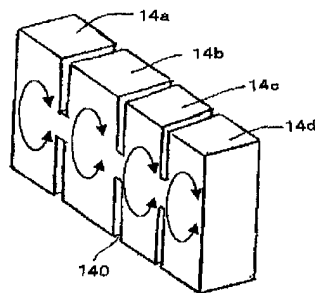
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 永松 茂隆
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内
(72)発明者 川端 康己
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内

(72)発明者 杉本 哲也
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動
車株式会社内
Fターム(参考) 5H622 AA03 CA02 CA05 CA14 CB02
CB03 CB05 DD01 DD02 PP03
PP10 PP11 QB02